昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*, November 2007, 50(11): 1135－1139　　ISSN 0454-6296

四种树种上二斑叶螨生长发育及繁殖差异及其与植物叶片化学组成的关系

刘学辉，李中新，尹淑艳，裴元慧，孔锋，孙绪艮[*]

（山东农业大学植物保护学院，山东泰安　271018）

摘要：采用海绵水盘法研究了苹果 *Malus pumila* Mill.、接骨木 *Sambucus illiamsii* Hance、苦楝 *Melia azedarach* L.、火炬树 *Rhus typhina* L.对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 生长发育和繁殖的影响，并分别采用凯氏定氮法、索氏提取法、蒽酮比色法、Folin-Denis 比色法测定了植物叶片全氮含量、粗脂肪含量、可溶性糖含量、单宁含量。结果发现：苹果和接骨木叶片的全氮（分别为 2.98%和 4.00%）和可溶性糖（分别为 19.92%和 12.81%）含量较高，有利于二斑叶螨生长发育和繁殖。而火炬树叶片的全氮量（2.60%）、可溶性糖含量（4.98%）最低，单宁含量（11.45%）最高，对二斑叶螨具有较强的抗性。单宁可能是植物抗螨性形成过程中起主要作用的次生物质。

关键词：二斑叶螨；苹果；接骨木；苦楝；火炬树；营养物质；单宁；抗螨性

中图分类号：Q966　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2007)11-1135-05

The development and fecundity of *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) on four different plants and their relationship with the chemical components of plant leaves

LIU Xue-Hui, LI Zhong-Xin, YIN Shu-Yan, PEI Yuan-Hui, Kong Feng, SUN Xu-Gen[*] (College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: Effects of *Malus pumila* Mill., *Sambucus williamsii* Hance, *Melia azedarac* L. and *Rhus typhina* L. on the development and fecundity of *Tetranychus urticae* Koch were investigated by means of leaf disk rearing method. Kjeldahl method, Soxhlet extraction method, Anthrone colorimetry, and Folin-Denis colorimetry were also applied to measure the contents of nitrogen, crude fat, soluble sugar and tannin, respectively. The results showed that *M. pumila* and *S. williamsii* with high content of nitrogen (2.98% and 4.00%, respectively) and soluble sugar (19.92% and 12.81%, respectively) were suitable for the development and fecundity of *T. urticae*. *R. typhina* with the lowest content of nitrogen and soluble sugar and the highest content of tannin (11.45%), however, was baneful to *T. urticae*. Therefore it can be concluded that tannin, as the secondary compound of plants, may play important role in resistance of plants to mites.

Key words: *Tetranychus urticae*; *Malus pumila*; *Sambucus williamsii*; *Melia azedarach*; *Rhus typhina*; nutrient substance; tannin; mite resistance

二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 又称白蜘蛛、二点叶螨，属叶螨科（Tetranychidae）叶螨属 *Tetranychus*，是一种分布于世界各温带、亚热带地区的害螨，也是蔬菜、花卉、果树上的重要害螨之一，它分布范围广、寄主种类多、食性杂。由于该螨对各种化学药剂产生抗药性，近年来其分布区域和危害范围逐渐扩大，已成为部分地区的重要害螨。

在植食性昆虫、螨类与植物的相互作用中，植物对它们的营养效应是一个极为重要的因素。植物可提供多种营养成分及次生物质，如酚类、单宁、生物碱等。植物对昆虫和螨类的营养价值首先可从含氮量和含水量来衡量，其次是对昆虫和螨类食物的利用产生显著影响的次生物质的性质和数量（钦俊德，1987）。一般认为植食性昆虫和螨类对植物的选择

基金项目：教育部博士点科研基金项目(20060434003)

[*] 通讯作者 Author for correspondence, Tel.: 0538-8242988; E-mail: xgsun@sdau.edu.cn

收稿日期 Received: 2007-02-28；接受日期 Accepted: 2007-08-23

主要是由于不同植物叶片中含有的次生物质所造成的。如果昆虫和螨类对植物次生物质能够适应，便能选择该植物，当然营养物质的影响也不容忽视(戴小华，2001)。

植物与植食性螨类之间相互作用的研究已有很多。植物叶片缺少氮、磷、钾对红蜘蛛的生长不利，其中以缺氮的影响最大(Singh，1970)。Krainacker 和 Carey(1990)认为植物种类不仅影响二斑叶螨的生长发育速率，而且对其扩散速率也有影响。王海波等(1993)研究了朱砂叶螨种群动态与茄子叶片单宁酸含量变动之间的关系，结果表明单宁酸含量影响朱砂叶螨种群数量的变动，对叶螨具有很强的防御作用。马俐等(2005)比较了二斑叶螨和朱砂叶螨在菜豆 *Phaseolus vulgaris* Linn、茄子 *Solanum melongena* Linn、月季 *Rosa chinensis* Jacq、桃树 *Amygdalus persica* Linn 和转 *Bt* 基因抗虫棉等 5 种植物上的发育情况。此外，植物在受植食性螨类危害后产生挥发性物质，对螨类的寄主选择也产生直接或间接影响(Dicke *et al*.，1990；Takabayashi，1991，1997)。

不同树种叶片化学营养物质和次生性物质的含量不同，对叶螨产生的影响各异。植物对螨类的化学防御是当前迅速发展的化学生态学的重要研究方向之一，明确其化学防御机制，对深入研究植物与螨类的协同进化，实现害螨的生态调控具有重要的意义。本文通过比较寄主植物(苹果 *Malus pumila*、接骨木 *Sambucus williamsii*)与非寄主植物(苦楝 *Melia azedarach*、火炬树 *Rhus typhina*)叶片中主要化学物质含量对二斑叶螨生长发育及繁殖的影响，分析不同树种间抗螨性差异及其原因，为从植物中寻找抗螨活性物质，揭示植物与植食性螨类之间的相互关系和选育抗螨树种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源与不同树种叶片 在野外苹果树上采集二斑叶螨后于室内饲养、繁殖(至少 3 代)，供试验所用。

红星苹果、苦楝、接骨木、火炬树叶片均采自山东农业大学校园。选择靠近顶稍、干净、健康、成熟的叶片。

1.1.2 叶片预处理：将待测叶片用湿纱布擦净，剪除叶柄，置于 70℃ 电热鼓风箱中烘干至恒重，用高速粉碎机(10 000 r/min)粉碎，装入磨口广口瓶中密封保存备用。

1.1.3 试剂：石油醚、98% H_2SO_4(密度 1.84 mg/L)、葡萄糖、蒽酮、磷钼酸、钨酸钠、单宁酸、无水 Na_2CO_3、磷酸(所有试剂均为市售分析纯)。

1.1.4 仪器：324 凯氏定氮仪、索氏提取器、101-3 型电热鼓风箱、分析天平(感量 0.1 mg)、干燥器、岛津 UV-2450PC 型紫外可见分光光度计、高速冷冻离心机。

1.2 方法

1.2.1 二斑叶螨在不同树种叶片上的生长发育及繁殖：采用海绵水盘法(孙绪艮，1990)。将厚约 1 cm 的海绵剪成直径约 15 cm 的圆片，置于直径为 15 cm 的培养皿内，向皿内添加足量清水，使海绵充分吸收。然后将叶片背面向上放置于海绵上，叶片四周和叶柄用浸过水的脱脂棉条包围，既防叶螨逃逸又可供给叶片水分。每片叶片挑入 1 头雌成螨让其产卵，12 h 后剔除雌成螨，仅留下卵。每 12 h 观察 1 次，记录从幼螨至成螨的发育历期；羽化为成螨后，雌雄配对，每叶饲养 1 对，观察产卵量及寿命等，并及时更换叶片。每种植物叶片调查 30 对，至雌成螨死亡为止。

1.2.2 不同树种叶片全氮量测定：采用凯氏定氮法。准确称取植物干样 0.1~0.5 g 2 份，分别放入 2 个消化管，加入混合催化剂 0.3 g，用电动移液管加入 10 mL 浓 H_2SO_4，消化 1 h，直至消化液显无色或浅绿色。冷却后打开冷凝循环水开关，然后预热 2 min，加水 50 mL，NaOH 60 mL；H_3BO_3 65 mL。蒸馏结束后自动滴定，到达滴定终点后，自动输出结果。

1.2.3 粗脂肪含量测定：采用索氏提取法。准确称取 0.25 g 干样，用中性滤纸包裹，放入索氏提取器，用石油醚于 60℃ 左右回流提取 5 h。取出样品包，回收溶剂，先吹干再烘干以去除残余溶剂，称重测定粗脂肪含量。重复 2 次。

$$\text{粗脂肪含量(mg/g)} = (A - B)\cdot 10^3/m$$

式中 A 为提取瓶和粗脂肪质量(g)，B 为空瓶质量(g)，m 为样品质量(g)。

1.2.4 可溶性糖测定采用蒽酮比色法：用葡萄糖配制标准溶液，检测波长为 620 nm，以糖浓度(C)为纵坐标，吸光值(A)为横坐标，绘制出标准曲线 $C = 0.00611A + 0.00920$，$R^2 = 0.9966$。

$$\text{可溶性糖(以葡萄糖计)含量}\% = [(C\cdot V)/W]\cdot 100\%$$

式中 V 为植物样品稀释后的体积(mL)，C 为从标准曲线上查的葡萄糖浓度(μg/mL)，W 为植物组

织鲜重(g)。

称取植物新鲜叶片 0.5 g，加入 5mL 蒸馏水在冰浴中研磨成匀浆状，连同残渣一起定容至 100 mL，室温下静置 50 min，弃去残渣，取上清液保存备用。准确移取上清液 1 mL，加入 4 mL 0.3% 蒽酮试剂，按标准曲线制作的方法操作，测定 620 nm 处吸光度，重复 2 次，根据标准曲线和样品吸光度计算可溶性糖含量。重复 2 次。

1.2.5　单宁含量测定：采用 Folin-Denis 比色法。用单宁酸配制标准溶液，检测波长为 760 nm，以单宁含量(T)为横坐标，以吸光度(A)为纵坐标，绘制出标准曲线($T = 0.0464A + 0.0244, R^2 = 0.98$)。

准确称取样品干样 100 mg，放入具塞试管中然后加入 10 mL 50% 丙酮溶液，封口、摇匀，室温静置 24 h，然后 5 000 r/min 30℃ 离心 10 min，取上清液备用。取各样品上清液 1 mL 于含约 25 mL 水的 50 mL 容量瓶中，加 2.5 mL Folin-Denis 显色剂，10 mL Na_2CO_3 饱和溶液，摇匀定容至 50 mL，静置 30 min 后于 760 nm 处进行分光光度测定。再根据标准曲线查找所测吸光值对应的单宁浓度，计算出单宁的相对含量。重复 2 次。

$$单宁含量(\%) = [(C \cdot V \cdot V_0)/(V_1 \cdot W)] \cdot 100\%$$

式中 C 从标准曲线上查的单宁浓度(μg/mL)；V 显色溶液体积(mL)；V_0 样品提取液总体积(mL)；V_1 测定吸取样品溶液体积(mL)；W 样品绝干重(g)

1.3　数据处理与统计分析

方差分析采用 Duncan's 新复极差测验的多重比较；相关分析用 SAS 软件完成。

2　结果与分析

2.1　不同树种对二斑叶螨生长发育及繁殖的影响

本文比较了二斑叶螨在寄主植物苹果、接骨木与非寄主植物苦楝、火炬树叶片上的生长发育和繁殖的差异，结果如表 1 所示。取食寄主植物与非寄主植物叶片的幼螨至成螨总发育历期在 6.75～7.06 天之间，无显著差异；而雌成螨寿命在寄主植物(22 天以上)与非寄主植物(15 天左右)间差异显著；平均单雌总产卵量以火炬树叶片上最少，为 30.92 ± 9.60 粒，其次为苦楝，以接骨木叶片上最多为 125.17 ± 22.43 粒，其次为苹果。该结果表明，二斑叶螨在苹果、接骨木上能够正常生长发育和繁殖，但在苦楝和火炬树上则雌成螨寿命和产卵量均显著降低。

表 1　不同树种对二斑叶螨生长发育及繁殖的影响

Table 1　Effects of different plants on the development and fecundity of *Tetranychus urticae*

树种 Plant species	测试数量 Number of mites tested	从幼螨至成螨总发育历期(d) Developmental duration from larva to adult mites	平均单雌产卵量(粒) Mean number of eggs laid per female	雌成螨寿命(d) Longevity of female adult
苹果 *Malus pumila*	30	7.04 ± 0.42 ab	67.67 ± 8.72 b	22.37 ± 0.95 a
接骨木 *Sambucus williamsii*	30	6.73 ± 0.59 b	125.17 ± 22.43 a	22.54 ± 7.82 a
苦楝 *Melia azedarach*	30	7.06 ± 0.45 a	51.67 ± 3.61 c	15.21 ± 7.00 b
火炬树 *Rhus typhina*	30	6.83 ± 0.69 ab	30.92 ± 9.60 d	14.71 ± 3.85 b

表中数据为平均值 ± 标准误，同列数据后有相同小写字母表示经 Duncan 's 新复极差测验在 0.05 水平上差异不显著，否则差异显著。下同。
The data in the table are mean ± *SE*, and those in the same column followed by the same letters are not significantly different at $P = 0.05$ by Duncan 's multiple range test. The same below.

2.2　不同树种叶片中主要化学物质的含量与二斑叶螨的生长发育和繁殖

不同树种叶片中化学物质的种类和含量存在一定差异，本研究测定了主要营养物质和次生性物质单宁的含量变化(表 2)。作为叶螨主要营养物质的全氮和可溶性糖，在苹果和接骨木叶片中的含量均显著高于苦楝和火炬树。而单宁含量则相反，显著低于苦楝和火炬树。粗脂肪含量则无一定规律性。二斑叶螨在含氮、可溶性糖高的寄主叶片上单雌产卵量多、雌成螨寿命长，据此认为，植物高含量的氮素和糖对该螨生长发育和繁殖有利。而苦楝和火炬树叶片单宁含量高，全氮及可溶性糖含量低，二斑叶螨在该两种叶片上虽然能够生长发育，但繁殖力低、雌成螨寿命短。由此可见，叶片全氮、可溶性糖含量高，单宁含量低，有利于二斑叶螨的生长发育及繁殖。这与生产中苹果园氮肥使用过量，枝叶徒长，叶螨发生严重的事实相一致。

2.3　叶片中营养物质与单宁含量之比对二斑叶螨生长发育及繁殖的影响

绿色植物一般都含有螨类所需的主要营养成分(如脂肪、氨基酸、碳水化合物、蛋白质等)，也含有某些对螨类具有特殊作用的次生性物质。在同一种植

表2 不同树种叶片中主要化学物质的相对含量(干样)与雌成螨寿命和产卵

Table 2 Relative content of primary chemical components in leaves of different plants (dry sample) and longevity and egg-laying of female adult

树种 Plant species	全氮含量(%) Total nitrogen	粗脂肪含量(%) Crude fat	可溶性糖含量(%) Soluble sugar	单宁含量(%) Tannin	平均单雌产卵量(粒) Mean number of eggs laid per female	雌成螨寿命(d) Longevity of female adult
苹果 *Malus pumila*	2.98 b	4.39 d	19.92 a	5.25 d	67.67 ± 8.72 b	22.37 ± 0.95 a
接骨木 *Sambucus williamsii*	4.00 a	9.70 a	12.81 b	6.79 c	125.17 ± 22.43 a	22.54 ± 7.82 a
苦楝 *Melia azedarach*	2.60 c	5.60 c	7.42 c	9.09 b	51.67 ± 3.61 c	15.21 ± 7.00 b
火炬树 *Rhus typhina*	2.60 c	7.30 b	4.98 d	11.45 a	30.92 ± 9.60 d	14.71 ± 3.85 b

物中上述两类物质的含量可能对叶螨产生重要影响。本文在分析主要营养物质和次生物质(单宁)含量的基础上,进一步分析两者含量之比对二斑叶螨生长发育及繁殖的影响(表3)。

表内数据显示,苹果、接骨木、苦楝、火炬树叶片的营养物质总量(全氮、粗脂肪和可溶性糖之和)依次降低,而单宁含量依次增高,相应的两者之比值依次减小。二斑叶螨的产卵量和雌成螨寿命也均随两者比值的减小而降低。苦楝、火炬树对叶螨均具有较强的抗性,尤其火炬树,其营养物质总量最低,而单宁含量最高,两者比值仅1.30∶1,二斑叶螨在该叶片上的平均单雌产卵量仅30.92粒,仅为接骨木上的24.7%,为苹果上的45.7%。表明火炬树对叶螨具有较强的自然抗性。这也与野外的火炬树上难以见到有叶螨发生相一致。

相关分析表明,营养物质总量、营养物质与单宁之比、单宁含量与雌成螨寿命之间存在显著相关,相关系数依次为:$r = 0.9980$,$P = 0.0020$;$r = 0.9521$,$P = 0.0479$;$r = 0.9173$,$P = 0.0827$。而与产卵量之间无相关性。但在寄主植物与非寄主植物之间仍存在极显著差异。

表3 营养物质与单宁含量之比对二斑叶螨生长发育及繁殖的影响

Table 3 Effects of the ratio of nutrient substances to tannin on the development and fecundity of *Tetranychus urticae*

树种 Plant species	营养物质总量(%) Gross content of nutrient substances	单宁含量(%) Content of Tannin	营养物质与单宁之比 Ratio of nutrient substances to tannin	平均单雌产卵量(粒) Mean number of eggs laid per female	雌成螨平均寿命(d) Longevity of female adult
苹果 *Malus pumila*	27.29 a	5.25 d	5.19∶1	67.67 ± 8.72 b	22.37 ± 0.95 a
接骨木 *Sambucus williamsii*	26.51 a	6.79 c	3.90∶1	125.17 ± 22.43 a	22.54 ± 7.82 a
苦楝 *Melia azedarach*	15.62 b	9.09 b	1.72∶1	51.67 ± 3.61 c	15.21 ± 7.00 b
火炬树 *Rhus typhina*	14.88 b	11.45 a	1.30∶1	30.92 ± 9.60 d	14.71 ± 3.85 b

3 讨论

植物体内化学物质对害螨的促进或抑制作用是研究植物抗螨性的重要内容。植物的营养状况及所含化学物质的种类和数量对叶螨的生长发育和繁殖具有重要作用。化学物质主要包括营养成分和次生物质。次生物质虽然对昆虫、螨类的营养效应无重要意义,但它能影响昆虫、螨类的寄主选择、取食、生长发育及繁殖,在昆虫、螨类与植物的关系中占有重要位置(钦俊德,1980)。本研究在测定了二斑叶螨的寄主植物和非寄主植物的主要营养成分和单宁含量后发现,这两类重要的化学物质在寄主和非寄主植物中的含量有着显著地差别,因此,试图用两类物质的比值来说明与叶螨的关系。本研究的结果显示营养物质与单宁含量的比值大,有利于二斑叶螨的繁殖,反之则不利。但由于本试验所用的植物种类较少,尚难断定在其他植物和叶螨中是否也出现同类现象,因此,若定为一个规律尚需对更多植物种类的化学物质测定和叶螨饲养试验。但已有类似研究证明,单宁对叶螨具有较强的抗性,如王海波等(1993)研究了叶螨种群动态与茄子叶片单宁酸含量变动的关系,发现朱砂叶螨对单宁酸非常敏感,当茄子单宁酸含量达到某个阈值时,种群迅速下降;尹淑艳和孙绪艮(2002)在分析壳斗科树种叶片的化学组成与针叶小爪螨生长发育的关系中也显示了单宁对该螨具有较强的抗性。此外,陈巨莲等(2002)研究了单宁对麦蚜的抗性阈值,结果显示,当单宁酸浓度为0.06%时,麦长管蚜的存活率仅有38%,蜕皮指数不足对照的一半。单宁不仅对刺吸性叶螨、害

虫而且对某些咀嚼式害虫也具有明显的抗性，如程红等（2006）研究了杨树不同品系单宁含量与青杨虎天牛危害的关系，结果表明，单宁含量与虫口密度间存在明显的负相关性，即单宁含量高的品系株虫口密度低，反之则高。有关单宁对害虫的防御作用还有很多报道（Blytt *et al*.，1988；李勇等，2003；陈凤菊等，2003；成卫宁等，2004；李水清和张钟宁，2007），但多未明确植物营养物质与单宁含量间的比例关系对害虫或叶螨的作用。本文提出植物营养物质与单宁含量之比值与二斑叶螨寿命和繁殖的关系，尽管尚不成熟，但可望对以后的研究有所参考。

本文是在生长季节测定 1 次叶片的化学物质，尚不能完全反映各种物质随季节的变化规律。在不同螨口密度胁迫下，这些物质含量会产生怎样的变化，也是植物诱导抗性的重要反应，有待进一步深入研究。

参 考 文 献（References）

Blytt HJ，Guscar TK，Bulter LG，1988. Anti-nutritional effects and ecological significance of dietary condensed tannins may not be due to binding and inhibiting digestive enzymes. *J. Chem. Ecol*，14：1 455 – 1 465.

Chen FJ，Gao XW，Lei MQ，Zheng BZ，2003. Effects of tannic acid on glutathione S-transferases in *Helicoverpa armigera*（Hübner）. *Acta Entomologica Sinica*，46(6)：684 – 690.［陈凤菊，高希武，雷明庆，郑炳宗，2003. 单宁酸对棉铃虫谷胱甘肽 S-转移酶的影响. 昆虫学报，46(6)：684 – 690］

Chen JL，Ni HX，Sun JR，2002. The resistance threshold and interactions of several plants secondary metabolites to wheat aphids. *Acta Phytophylacica Sinica*，29(1)：7 – 12.［陈巨莲，倪汉详，孙京瑞，2002. 主要次生物质对麦蚜的抗性阈值及交互作用. 植物保护学报，29(1)：7 – 12］

Cheng H，Yan SC，Sui X，Chi DF，Gao N，Liu KY，2006. Relationship between tannin content of main popular strains and damage of *Xylotrechus rusticus*（L.）in Heilongjiang province. *Journal of Northeast Forestry University*，34(2)：32 – 34.［程红，严善春，隋祥，迟德富，高娜，刘宽余，2006. 黑龙江省主栽杨树品系干部单宁含量与青杨脊虎天牛危害的关系. 东北林业大学学报，34(2)：32 – 34］

Cheng WN，Li CN，Li CQ，Li XL，Li JJ，Liu SJ，Chu JX，2004. Studies on biochemical resistance mechanism of hosts to *Liriomyza sativae* Blanchard. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*，13(4)：73 – 76.［成卫宁，李长青，李修炼，李建军，刘世建，仵均祥，2004. 美洲斑潜蝇寄主植物生化抗性机制的初步研究. 西北农业学报，13(4)：73 – 76］

Dai XH，You MS，Fu LJ，2001. The relationship between the host selection by *Liriomyza sativae* and the content of nutritional substances in foliage. *Journal of Shandong Agricultural University*，32(3)：311 – 313.［戴小华，尤民生，付丽君，2001. 美洲斑潜蝇寄主选择性与寄主植物叶片营养物质含量的关系. 山东农业大学学报（自然科学版），32(3)：311 – 313］

Dicke M，van Beek TA，Posthumus MA，Ben Dom N，van Bokhoven H，de Groot AE，1990. Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interactions：involvement of host plant in its production. *J. Chem. Ecol.*，16：381 – 396.

Krainacker DA，Carey JR，1990. Ambulatory dispersal and life history response to food deprivation in two-spotted mites. *Entomol. Exp. Appl.*，56：139 – 144.

Li SQ，Zhang ZN，2007. Effects of *Monochamus alternatus* Hope feeding and artificial damage on the contents of several chemicals in needles of *Pinus massoniana*. *Acta Entomologica Sinica*，50(2)：95 – 100［李水清，张钟宁，2007. 松墨天牛取食和人为损伤对马尾松针叶部分化学物质含量的影响. 昆虫学报，50(2)：95 – 100］

Li Y，Deng WX，Wei XK，2003. On the selection behavior and mechanism of *Liriomyza sativae* Blanchard in choosing tomato varieties. *Acta Phytophylacica Sinica*，30(1)：25 – 29.［李勇，邓望喜，韦新葵，2003. 美洲斑潜蝇对番茄的选择行为及其机制. 植物保护学报，30(1)：25 – 29］

Ma L，Jia W，Hong XY，Wang DS，2005. Influences of different host plants on the development duration and egg deposition of *Tetranychus urticae* Koch and *Tetranychus cinnabarinus*（Boisduval）. *Journal of Nanjing Agriculture University*，28(4)：60 – 64.［马俐，贾炜，洪晓月，王冬生，2005. 不同寄主植物对二斑叶螨和朱砂叶螨发育历期和产卵量的影响. 南京农业大学学报，28(4)：60 – 64］

Qin JD，1980. Physiological basis of phytophagy insects feeding habit. *Acta Entomologica Sinica*，23(1)：106 – 122.［钦俊德，1980. 植食性昆虫食性的生理基础. 昆虫学报，23(1)：106 – 122］

Qin JD，1987. Relationship Between Insects and Plants – Relation of Interaction Between Insects and Plants to Evolution. Beijing：Science Press. 141 pp.［钦俊德，1987. 昆虫与植物的关系 – 论昆虫与植物的相互作用及其演化. 北京：科学出版社. 141 页］

Singh P，1970. Host-Plant Nutrition and Composition：Effects on Agricultural Pests. Information Bull. No. 6，Canada Dep. Agr.

Sun XG，Miao L，1990. Preliminary report of *Oligonychus ununguis*. *Journal of Shandong Agricultural University*，21(3)：41 – 46.［孙绪艮，苗良，1990. 针叶小爪螨研究初报. 山东农业大学学报，21(3)：41 – 46］

Takabayashi J，Dicke M，Posthumus MA，1991. Variation in composition of predator attracting allelochemicals emitted by herbivore-infested plants：relative influence of plant and herbivore. *Chemoecology*，2：1 – 6.

Takabayashi J，Dicke M，1997. Herbivore-induced plant volatiles with multifunctional effects in ecosystems：a complex pattern of biotic interactions. In：Abe T，Levin SA，Higashi M eds. Biodiversity：An Ecological Perspective，Springer，New York. 131 – 145.

Wang HB，Wu QH，Gao WD，1993. Studies on *Tetranychus cinnabarinus*-*Solanum melongena* interaction system Ⅰ. Relationship between population dynamics of red spider and tannic acid fluctuation in plant leaves. *Chinese Journal of Applied Ecology*，4(2)：174 – 177.［王海波，吴千红，高闻达，1993. 茄子和朱砂叶螨相互作用系统的研究Ⅰ. 叶螨种群动态与茄子叶片单宁酸含量变动的关系. 应用生态学报，4(2)：174 – 177］

Yin SY，Sun XG，2002. Relationship between chemical component of host plants and development of *Oligonychus ununguis*. *Scientia Silvae Sinicae*，38(4)：105 – 110.［尹淑艳，孙绪艮，2002. 寄主植物的化学组成与针叶小爪螨生长发育的关系. 林业科学，38(4)：105 – 110］

（责任编辑：袁德成）